下载APP

31｜并发：Go的并发方案实现方案是怎样的？

2022-01-07 Tony Bai

《Tony Bai · Go语言第一课》 课程介绍 >

讲述：Tony Bai
时长 17:41 大小 16.21M

你好，我是 Tony Bai。

从这一讲开始，我们将会学习这门课的最后一个语法知识：**Go 并发**。在02 讲中我们提到过：Go 的设计者敏锐地把握了 CPU 向多核方向发展的这一趋势，在决定去创建 Go 语言的时候，他们果断将面向多核、**原生支持并发**作为了 Go 语言的设计目标之一，并将面向并发作为 Go 的设计哲学。当 Go 语言首次对外发布时，对并发的原生支持成为了最令开发者着迷的语法特性之一。

领资料

那么，怎么去学习 Go 并发呢？我的方法是将“Go 并发”这个词拆开来看，它包含两个内容，一个是并发的概念，另一个是 Go 针对并发设计给出的自身的实现方案，也就是 goroutine、channel、select 这些 Go 并发的语法特性。

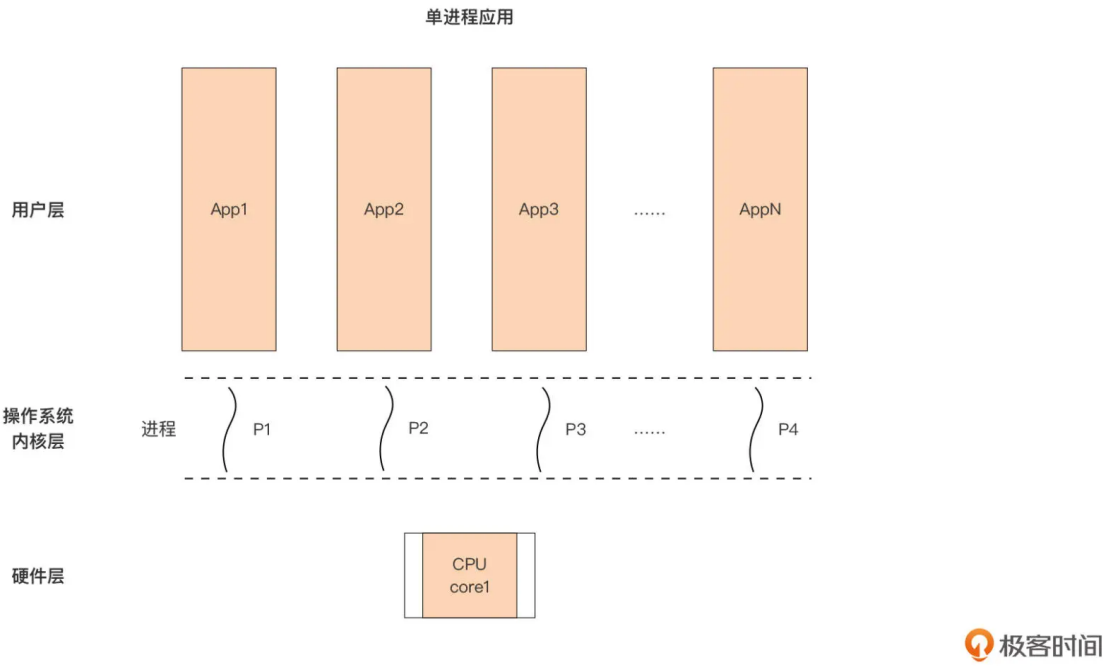
今天这节课，我们就先来了解什么是并发，以及 Go 并发方案中最重要的概念，也就是 goroutine，围绕它基本用法和注意事项，让你对 Go 并发有一个基本的了解，后面我们再层层深入。

什么是并发？

课程一开始，我们就经常提到并发（concurrency）这个词。说了这么长时间的并发，那究竟什么是并发呢？它又与并行（parallelism）有什么区别呢？要想搞清楚这些问题，我们需要简单回顾一下操作系统的基本调度单元的变迁，以及计算机处理器的演化对应用设计的影响。

很久以前，面向大众消费者的主流处理器（CPU）都是单核的，操作系统的基本调度与执行单元是进程（process）。这个时候，用户层的应用有两种设计方式，一种是单进程应用，也就是每次启动一个应用，操作系统都只启动一个进程来运行这个应用。

单进程应用的情况下，用户层应用、操作系统进程以及处理器之间的关系是这样的：

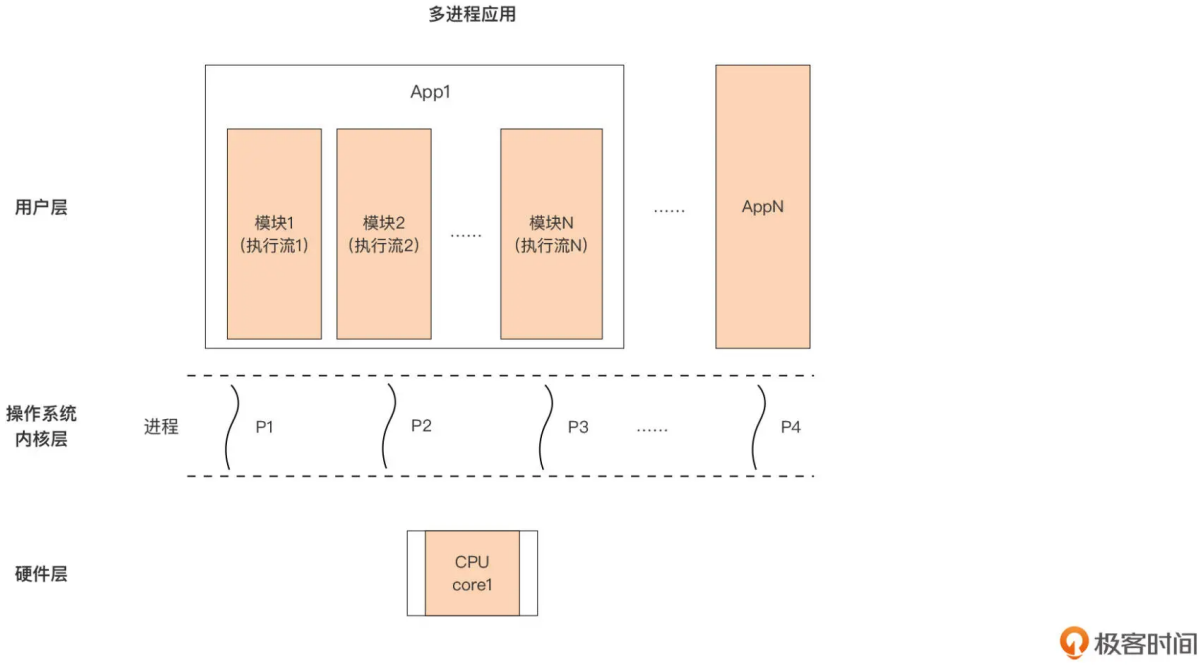


我们看到，这个设计下，每个单进程应用对应一个操作系统进程，操作系统内的多个进程按时间片大小，被轮流调度到仅有的一颗单核处理器上执行。换句话说，这颗单核处理器在某个时刻只能执行一个进程对应的程序代码，两个进程不存在并行执行的可能。

这里说的**并行（parallelism），指的就是在同一时刻，有两个或两个以上的任务（这里指进程）的代码在处理器上执行**。从这个概念我们也可以知道，多个处理器或多核处理器是并行执行的必要条件。

总的来说，单进程应用的设计比较简单，它的内部仅有一条代码执行流，代码从头执行到尾，不存在竞态，无需考虑同步问题。

用户层的另外一种设计方式，就是多进程应用，也就是应用通过 fork 等系统调用创建多个子进程，共同实现应用的功能。多进程应用的情况下，用户层应用、操作系统进程以及处理器之间的关系是这样的：



以图中的 App1 为例，这个应用设计者将应用内部划分为多个模块，每个模块用一个进程承载执行，每个模块都是一个单独的执行流，这样，App1 内部就有了多个独立的代码执行流。

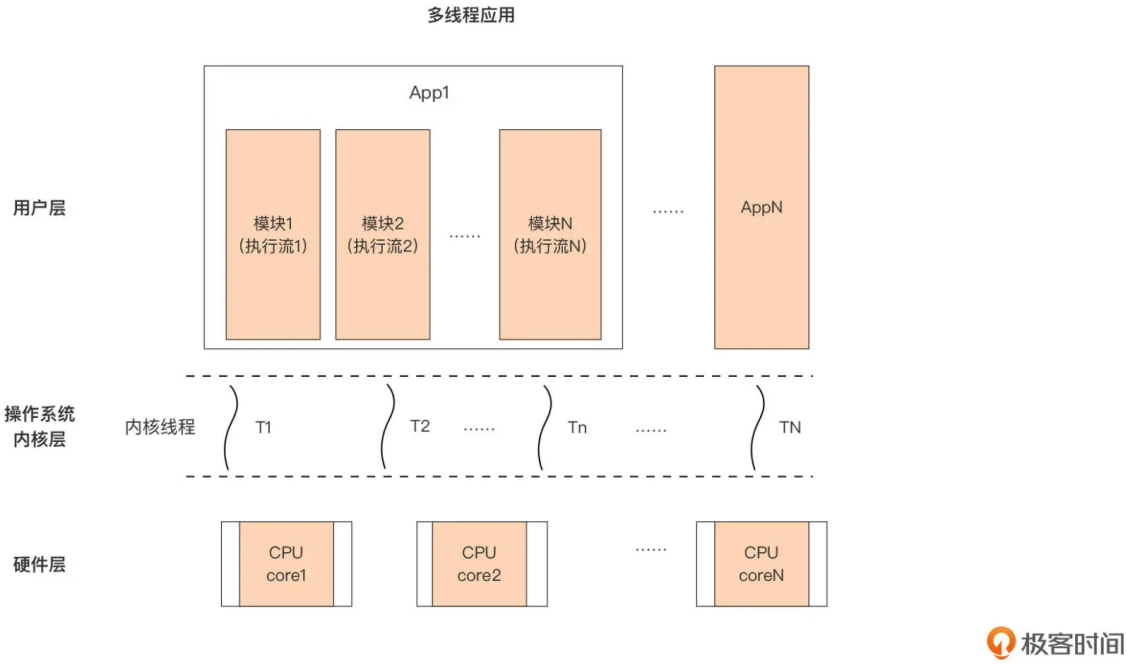
但限于当前仅有一颗单核处理器，这些进程（执行流）依旧无法并行执行，无论是 App1 内部的某个模块对应的进程，还是其他 App 对应的进程，都得逐个按时间片被操作系统调度到处理器上执行。

粗略看起来，多进程应用与单进程应用相比并没有什么质的提升。那我们为什么还要将应用设计为多进程呢？

这更多是从应用的结构角度去考虑的，多进程应用由于将功能职责做了划分，并指定专门的模块来负责，所以从结构上来看，要比单进程更为清晰简洁，可读性与可维护性也更好。**这种将程序分成多个可独立执行的部分的结构化程序的设计方法，就是并发设计**。采用了并发设计的应用也可以看成是一组独立执行的模块的组合。

不过，进程并不适合用于承载采用了并发设计的应用的模块执行流。因为进程是操作系统中资源拥有的基本单位，它不仅包含应用的代码和数据，还有系统级的资源，比如文件描述符、内存地址空间等等。进程的“包袱”太重，这导致它的创建、切换与撤销的代价都很大。

于是线程便走入了人们的视野，线程就是运行于进程上下文中的更轻量级的执行流。同时随着处理器技术的发展，多核处理器硬件成为了主流，这让真正的并行成为了可能，于是主流的应用设计模型变成了这样：



我们看到，基于线程的应用通常采用单进程多线程的模型，一个应用对应一个进程，应用通过并发设计将自己划分为多个模块，每个模块由一个线程独立承载执行。多个线程共享这个进程所拥有的资源，但线程作为执行单元可被独立调度到处理器上运行。

线程的创建、切换与撤销的代价相对于进程是要小得多。当这个应用的多个线程同时被调度到不同的处理器核上执行时，我们就说这个应用是并行的。

讲到这里，我们可以对并发与并行两个概念做一些区分了。就像 Go 语言之父 Rob Pike 曾说过那样：**并发不是并行，并发关乎结构，并行关乎执行**。

结合上面的例子，我们看到，并发是在应用设计与实现阶段要考虑的问题。并发考虑的是如何将应用划分为多个互相配合的、可独立执行的模块的问题。采用并发设计的程序并不一定是并行执行的。

在不满足并行必要条件的情况下（也就是仅有一个单核 CPU 的情况下），即便是采用并发设计的程序，依旧不可以并行执行。而在满足并行必要条件的情况下，采用并发设计的程序是可以并行执行的。而那些没有采用并发设计的应用程序，除非是启动多个程序实例，否则是无法并行执行的。

在多核处理器成为主流的时代，即使采用并发设计的应用程序以单实例的方式运行，其中的每个内部模块也都是运行于一个单独的线程中的，多核资源也可以得到充分利用。而且，并发让并行变得更加容易，采用并发设计的应用可以将负载自然扩展到各个 CPU 核上，从而提升处理器的利用效率。

在传统编程语言（如 C、C++ 等）中，基于**多线程模型**的应用设计就是一种典型的并发程序设计。但传统编程语言并非面向并发而生，没有对并发设计提供过多的帮助。并且，这些语言多以操作系统线程作为承载分解后的代码片段（模块）的执行单元，由操作系统执行调度。这种传统支持并发的方式有很多不足：

首先就是复杂。

创建容易退出难。如果你做过 C/C++ 编程，那你肯定知道，如果我们要利用 libpthread 库中提供的 API 创建一个线程，虽然要传入的参数个数不少，但好歹还是可以接受的。但一旦涉及线程的退出，就要考虑新创建的线程是否要与主线程分离（detach），还是需要主线程等待子线程终止（join）并获取其终止状态？又或者是否需要在新线程中设置取消点（cancel point）来保证被主线程取消（cancel）的时候能顺利退出。

而且，并发执行单元间的通信困难且易错。多个线程之间的通信虽然有多种机制可选，但用起来也是相当复杂。并且一旦涉及共享内存，就会用到各种锁互斥机制，死锁便成为家常便饭。另外，线程栈大小也需要设定，开发人员需要选择使用默认的，还是自定义设置。

第二就是难于规模化（scale）。

线程的使用代价虽然已经比进程小了很多，但我们依然不能大量创建线程，因为除了每个线程占用的资源不小之外，操作系统调度切换线程的代价也不小。

对于很多网络服务程序来说，由于不能大量创建线程，只能选择在少量线程里做网络多路复用的方案，也就是使用 epoll/kqueue/IoCompletionPort 这套机制，即便有像libevent和libev这样的第三方库帮忙，写起这样的程序也是很不容易的，存在大量钩子回调，给开发人员带来不小的心智负担。

那么以“原生支持并发”著称的 Go 语言在并发方面的实现方案又是什么呢？相对于基于线程的并发设计模型又有哪些改善呢？接下来我们就一起来看一下。

Go 的并发方案：goroutine

Go 并没有使用操作系统线程作为承载分解后的代码片段（模块）的基本执行单元，而是实现了`goroutine`这一**由 Go 运行时（runtime）负责调度的、轻量的用户级线程**，为并发程序设计提供原生支持。

我们先来看看这一方案有啥优势。相比传统操作系统线程来说，goroutine 的优势主要是：

- 资源占用小，每个 goroutine 的初始栈大小仅为 2k；
- 由 Go 运行时而不是操作系统调度，goroutine 上下文切换在用户层完成，开销更小；
- 在语言层面而不是通过标准库提供。goroutine 由`go`关键字创建，一退出就会被回收或销毁，开发体验更佳；
- 语言内置 channel 作为 goroutine 间通信原语，为并发设计提供了强大支撑。

我们看到，和传统编程语言不同的是，Go 语言是面向并发而生的，所以，在程序的结构设计阶段，**Go 的惯例是优先考虑并发设计**。这样做的目的更多是考虑随着外界环境的变化，通过并发设计的 Go 应用可以更好地、更自然地适应**规模化（scale）**。

比如，当应用被分配到更多计算资源，或者计算处理硬件增配后，Go 应用不需要再进行结构调整，就可以充分利用新增的计算资源。而且，经过并发设计后的 Go 应用也会更加契

合 Gopher 们的开发分工协作。

接下来，我们来看看在 Go 中究竟如何使用 goroutine。

goroutine 的基本用法

并发是一种能力，它让你的程序可以由若干个代码片段**组合**而成，并且每个片段都是独立运行的。goroutine 恰恰就是 Go 原生支持并发的一个具体实现。无论是 Go 自身运行时代码还是用户层 Go 代码，都无一例外地运行在 goroutine 中。

首先我们来创建一个 goroutine。

Go 语言通过go关键字+函数/方法的方式创建一个 goroutine。创建后，新 goroutine 将拥有独立的代码执行流，并与创建它的 goroutine 一起被 Go 运行时调度。

这里我给出了一些创建 goroutine 的代码示例：

复制代码

```
go fmt.Println("I am a goroutine")

var c = make(chan int)
go func(a, b int) {
    c <- a + b
}(3,4)

// $GOROOT/src/net/http/server.go
c := srv.newConn(rw)
go c.serve(connCtx)
```

我们看到，通过 go 关键字，我们可以基于已有的具名函数 / 方法创建 goroutine，也可以基于匿名函数 / 闭包创建 goroutine。

在前面的讲解中，我们曾说过，创建 goroutine 后，go 关键字不会返回 goroutine id 之类的唯一标识 goroutine 的 id，你也不要尝试去得到这样的 id 并依赖它。另外，和线程一样，一个应用内部启动的所有 goroutine 共享进程空间的资源，如果多个 goroutine 访问同一块内存数据，将会存在竞争，我们需要进行 goroutine 间的同步。

了解了怎么创建，那我们怎么退出 goroutine 呢？

goroutine 的使用代价很低，Go 官方也推荐你多多使用 goroutine。而且，多数情况下，我们不需要考虑对 goroutine 的退出进行控制：**goroutine 的执行函数的返回，就意味着 goroutine 退出。**

如果 main goroutine 退出了，那么也意味着整个应用程序的退出。此外，你还要注意的是，goroutine 执行的函数或方法即便有返回值，Go 也会忽略这些返回值。所以，如果你要获取 goroutine 执行后的返回值，你需要另行考虑其他方法，比如通过 goroutine 间的通信来实现。

接下来我们就来说说 goroutine 间的通信方式。

goroutine 间的通信

传统的编程语言（比如：C++、Java、Python 等）并非面向并发而生的，所以他们面对并发的逻辑多是基于操作系统的线程。并发的执行单元（线程）之间的通信，利用的也是操作系统提供的线程或进程间通信的原语，比如：共享内存、信号（signal）、管道（pipe）、消息队列、套接字（socket）等。

在这些通信原语中，使用最多、最广泛的（也是最高效的）是结合了线程同步原语（比如：锁以及更为低级的原子操作）的共享内存方式，因此，我们可以说传统语言的并发模型是**基于对内存的共享的**。

不过，这种传统的基于共享内存的并发模型很**难用**，且**易错**，尤其是在大型或复杂程序中，开发人员在设计并发程序时，需要根据线程模型对程序进行建模，同时规划线程之间的通信方式。如果选择的是高效的基于共享内存的机制，那么他们还要花费大量心思设计线程间的同步机制，并且在设计同步机制的时候，还要考虑多线程间复杂的内存管理，以及如何防止死锁等情况。

这种情况下，开发人员承受着巨大的心智负担，并且基于这类传统并发模型的程序难于编写、阅读、理解和维护。一旦程序发生问题，查找 Bug 的过程更是漫长和艰辛。

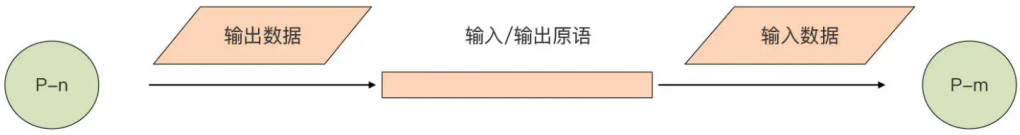
但 Go 语言就不一样了！Go 语言从设计伊始，就将解决上面这个传统并发模型的问题作为 Go 的一个目标，并在新并发模型设计中借鉴了著名计算机科学家Tony Hoare提出的

CSP（Communicationing Sequential Processes，通信顺序进程）并发模型。

Tony Hoare 的 CSP 模型旨在简化并发程序的编写，让并发程序的编写与编写顺序程序一样简单。Tony Hoare 认为输入输出应该是基本的编程原语，数据处理逻辑（也就是 CSP 中的 P）只需调用输入原语获取数据，顺序地处理数据，并将结果数据通过输出原语输出就可以了。

因此，在 Tony Hoare 眼中，**一个符合 CSP 模型的并发程序应该是一组通过输入输出原语连接起来的 P 的集合**。从这个角度来看，CSP 理论不仅是一个并发参考模型，也是一种并发程序的程序组织方法。它的组合思想与 Go 的设计哲学不谋而合。

Tony Hoare 的 CSP 理论中的 P，也就是“Process（进程）”，是一个抽象概念，它代表任何顺序处理逻辑的封装，它获取输入数据（或从其他 P 的输出获取），并生产出可以被其他 P 消费的输出数据。这里我们可以简单看下 CSP 通信模型的示意图：



极客时间

注意了，这里的 P 并不一定与操作系统的进程或线程划等号。在 Go 中，与“Process”对应的是 goroutine。为了实现 CSP 并发模型中的输入和输出原语，Go 还引入了 goroutine（P）之间的通信原语channel。goroutine 可以从 channel 获取输入数据，再将处理后得到的结果数据通过 channel 输出。通过 channel 将 goroutine（P）组合连接在一起，让设计和编写大型并发系统变得更加简单和清晰，我们再也不用为那些传统共享内存并发模型中的问题而伤脑筋了。

比如我们上面提到的获取 goroutine 的退出状态，就可以使用 channel 原语实现：

复制代码

```
1 func spawn(f func() error) <-chan error {
2     c := make(chan error)
3
4     go func() {
5
```

```
        c <- f()
    }()

    return c
}

func main() {
    c := spawn(func() error {
        time.Sleep(2 * time.Second)
        return errors.New("timeout")
    })
    fmt.Println(<-c)
}
```

这个示例在 main goroutine 与子 goroutine 之间建立了一个元素类型为 error 的 channel，子 goroutine 退出时，会将它执行的函数的错误返回值写入这个 channel，main goroutine 可以通过读取 channel 的值来获取子 goroutine 的退出状态。

虽然 CSP 模型已经成为 Go 语言支持的主流并发模型，但 Go 也支持传统的、基于共享内存的并发模型，并提供了基本的低级别同步原语（主要是 sync 包中的互斥锁、条件变量、读写锁、原子操作等）。

那么我们在实践中应该选择哪个模型的并发原语呢？是使用 channel，还是在低级同步原语保护下的共享内存呢？

毫无疑问，从程序的整体结构来看，**Go 始终推荐以 CSP 并发模型风格构建并发程序**，尤其是在复杂的业务层面，这能提升程序的逻辑清晰度，大大降低并发设计的复杂性，并让程序更具可读性和可维护性。

不过，对于局部情况，比如涉及性能敏感的区域或需要保护的结构体数据时，我们可以使用更为高效的低级同步原语（如 mutex），保证 goroutine 对数据的同步访问。

小结

好了，今天的课讲到这里就结束了，现在我们一起来回顾一下吧。

这一讲中，我们开始了对 Go 并发的学习，了解了并发的含义，以及并发与并行两个概念的区别。你一定要记住：**并发不是并行**。并发是应用结构设计相关的概念，而并行只是程

序执行期的概念，并行的必要条件是具有多个处理器或多核处理器，否则无论是否是并发的设计，程序执行时都有且仅有一个任务可以被调度到处理器上执行。

传统的编程语言（比如：C、C++）的并发程序设计方案是基于操作系统的线程调度模型的，这种模型与操作系统的调度强耦合，并且对于开发人员来说十分复杂，开发体验较差并且易错。

而 Go 给出的并发方案是基于轻量级线程 goroutine 的。goroutine 占用的资源非常小，创建、切换以及销毁的开销很小。并且 Go 在语法层面原生支持基于 goroutine 的并发，通过一个 go 关键字便可以轻松创建 goroutine，goroutine 占用的资源非常小，创建、切换以及销毁的开销很小。这给开发者带来极佳的开发体验。

思考题

goroutine 作为 Go 应用的基本执行单元，它的创建、退出以及 goroutine 间的通信都有很多常见的模式可循。你可以分享一下日常开发中你见过的实用的 goroutine 使用模式吗？

欢迎把这节课分享给更多对 Go 并发感兴趣的朋友。我是 Tony Bai，下节课见。

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

生成海报并分享

赞 5 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 元旦快乐 | 这是一份暂时停更的声明

下一篇 32 | 并发：聊聊Goroutine调度器的原理

更多课程推荐

精选留言 (5)

写留言

lesserror
2022-01-08

大白老师很擅长将复杂的知识深入浅出的讲解出来，这是很多教程没有做到的。读了这一篇，对于Go的并发设计有了新的认识，意犹未尽。另有两处模糊的地方：

1. 文中的 P-n、P-m，这里的n和m应该没有特别的含义吧？ 就是指代一个Process而已吧？...

展开

2

罗杰
2022-01-08

作为一个开发者，还是要尽早了解并发和并行的区别，这节课要好好的学习和理解。

1

return
2022-01-10

老师讲的太好了。

并发是应用结构设计相关的概念， 这个确实第一次看到，还需要自己好好理解。
输入输出，通过 channel 将 goroutine（P）组合连接在一起。 这个 一下子就 把哲学串联起来了。
比很多文章 单纯讲 channel是用来通信的， 更系统，更好领会。

展开

LiWZ
2022-01-08

文章质量很高 谢谢老师

bearlu
2022-01-07

老师，设计并发的程序，不一定并行，那样存不存在一种并发需要并行才可以运行的程序？